

**PRIORITY DOCUMENT**  
SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH  
RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 13 NOV 2000

WIPO

PCT

DE 00/3351

ETU

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

**Aktenzeichen:**

199 47 028.6

**Anmeldetag:**

30. September 1999

**Anmelder/Inhaber:**

Siemens Aktiengesellschaft, München/DE

**Bezeichnung:**

Thyristor mit Spannungsstoßbelastbarkeit in der  
Freiwerdezeit

**IPC:**

H 01 L 29/74

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**

München, den 19. Oktober 2000  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Hoß

~~199 47 086 30.09.99~~

## Beschreibung

Thyristor mit Spannungsstoßbelastbarkeit in der Freiwerdezeit

Die Erfindung betrifft einen Thyristor mit dem folgenden Aufbau:

In einem Körper aus unterschiedlich dotiertem Halbleitermaterial, der eine als Kathode dienende Elektrode und eine als Anode dienende Elektrode aufweist, sind

- ein kathodenseitiger Emitter eines ersten Leitungstyps
- eine kathodenseitige Basis eines zweiten Leitungstyps,
- eine anodenseitige Basis des ersten Leitungstyps,
- ein anodenseitiger Emitter des zweiten Leitungstyps und
- wenigstens eine Treiberstufe zum Verstärken eines in die kathodenseitige Basis eingespeisten Steuerstromes ausgebildet, und
- die Treiberstufe weist einen in der kathodenseitigen Basis ausgebildeten und vom kathodenseitigen Emitter getrennten weiteren Emitter des ersten Leitungstyps sowie eine sowohl die kathodenseitige Basis als auch den weiteren Emitter kontaktierende Metallisierung auf.

Ein Thyristor der genannten Art ist aus H. Mitlehner, J. Sack, H.-J. Schulze: "High Voltage Thyristor for HVDC Transmission and Static VAR Compensators", Proceedings of PESCC, Kyoto, 1988, S. 934 oder aus WO 98/34282 (97P1089) bekannt. Bei diesem bekannten Thyristor ist der kathodenseitige Emitter des ersten Leitungstyps durch einen an eine Hauptfläche des scheibenförmigen, aus Halbleitermaterial in Form von Silizium bestehenden Körpers grenzenden  $n^+$ -dotierten Bereich dieses Körpers definiert.

Die kathodenseitige Basis des zweiten Leitungstyps ist durch einen an den  $n^+$ -dotierten Bereich grenzenden und zusammen mit diesem Bereich einen np-Übergang bildenden p-dotierten Bereich des Körpers definiert.

Der p-dotierte Bereich der kathodenseitigen Basis grenzt seitlich neben dem  $n^+$ -dotierten Bereich des weiteren Emitters ebenfalls an die eine Hauptfläche des Körpers. Die Metallisierung ist auf dieser einen Hauptfläche aufgebracht und kontaktiert sowohl den p-dotierten Bereich der kathodenseitigen Basis als auch den  $n^+$ -dotierten Bereich des weiteren Emitters.

Anstelle nur einer solchen Treiberstufe können deren zwei oder mehrere vorhanden sein (siehe beispielsweise Figur 5 des oben zuerst genannten Dokuments).

Der in den p-dotierten Bereich der kathodenseitigen Basis eingespeiste Steuerstrom wird an einer Stelle neben dem  $n^+$ -dotierten weiteren Emitter der Treiberstufe erzeugt, bei welcher der p-dotierte Bereich der kathodenseitigen Basis frei von der Metallisierung der Treiberstufe an die eine Hauptfläche des Körpers grenzt.

Der Steuerstrom kann mit Hilfe eines Zündkontaktes und/oder einer lichtempfindlichen Struktur erzeugt werden, der bzw. die an dieser Stelle an der einen Hauptfläche des Körpers ausgebildet sind/ist.

Besondere ist der Thyristor bezüglich einer auf den beiden Hauptflächen des Körpers senkrecht stehenden Achse rotations-symmetrisch ausgebildet. Die Stelle zum Einspeisen des Steuerstroms liegt in einem die Achse umgebenden zentralen Teilbereich der einen Hauptfläche des scheibenförmigen Körpers.

Die Treiberstufe ist radial zur Achse zwischen dem zentralen Teilbereich und der Kathode des Thyristors angeordnet.

Der bekannte Thyristor ist überdies ein asymmetrischer Thyristor, der eine Stoppzone des ersten Leitungstyps aufweist, die durch den  $n^+$ -dotierten Bereich der anodenseitigen Basis gebildet ist. Diese Stoppzone bewirkt, daß die Überkopfzün-

Der Erfindung liegt die Aufgabe zu Grunde, einen Thyristor bereitzustellen, der innerhalb der Freiwerdezeit mit einem Spannungsstoß belastet werden kann, ohne daß dabei der Thyristor durch eine in dem unterhalb der Kathode des Thyristors liegenden Bereich des Körpers aus Halbleitermaterial üblicherweise auftretende Stromfilamentierung zerstört wird.

Diese Aufgabe wird durch die im Anspruch 1 angegebenen Merkmale gelöst.

Gemäß dieser Lösung ist ein Thyristor mit dem folgenden Aufbau bereitgestellt:

In einem Körper aus unterschiedlich dotiertem Halbleitermaterial, der eine als Kathode dienende Elektrode sowie eine als Anode dienende Elektrode aufweist, sind

- ein kathodenseitiger Emitter eines ersten Leitungstyps
  - eine kathodenseitige Basis eines zweiten Leitungstyps,
  - eine anodenseitige Basis des ersten Leitungstyps,
  - ein anodenseitiger Emitter des zweiten Leitungstyps und
  - wenigstens eine Treiberstufe zum Verstärken eines in die kathodenseitige Basis eingespeisten Steuerstromes ausgebildet,
  - die Treiberstufe weist einen in der kathodenseitigen Basis ausgebildeten und vom kathodenseitigen Emitter getrennten weiteren Emitter des ersten Leitungstyps sowie eine sowohl die kathodenseitige Basis als auch den weiteren Emitter kontaktierende Metallisierung auf,
  - ein unterhalb der Metallisierung der wenigstens einen Treiberstufe durch den weiteren Emitter, die kathodenseitige Basis und die anodenseitige Basis definierter Transistorverstärkungsfaktor  $\alpha_{nnp}$  dieser Treiberstufe ist größer als ein unterhalb der Kathode des Thyristors durch den kathodenseitigen Emitter, die kathodenseitige Basis und die anodenseitige Basis definierter Transistorverstärkungsfaktor  $\alpha_{nnp}$  des Thyristors,
- und/oder

verstärkungsfaktor  $\alpha_{npn}$  und/oder  $\alpha_{pnp}$  des Thyristors, eine stärkere Überschwemmung mit freien Ladungsträgern und ein Erlöschen des Stromflusses in dieser Treiberstufe bewirkt wird. Vorzugsweise ist sowohl  $\alpha'_{npn}$  größer als  $\alpha_{npn}$  als auch  $\alpha'_{pnp}$  größer als  $\alpha_{pnp}$  eingestellt.

Im Regelfall, d.h. ohne eine solche Dimensionierung der Transistorverstärkungsfaktoren  $\alpha'_{npn}$ ,  $\alpha'_{pnp}$ ,  $\alpha_{npn}$  und  $\alpha_{pnp}$  tritt die Zündung bei Spannungsstoß innerhalb der Freiwerdezeit nicht in der Treiberstufe, insbesondere in dem unterhalb der Metallisierung dieser Stufe liegenden Bereich auf, weil zu diesem Zeitpunkt in der Treiberstufe - im Gegensatz zu dem unterhalb der Kathode liegenden Bereich des Thyristors - keine oder wenige freie Ladungsträger, die bekanntermaßen den Zündvorgang begünstigen, vorhanden sind. Der Grund hierfür ist, daß die Treiberstufe wesentlich früher als der Thyristor unter der Kathode wieder abschaltet.

Bevorzugter- und vorteilhafterweise weist bei dem erfindungsgemäßen Thyristor die anodenseitige Basis eine Stoppzone des ersten Leitungstyps auf, was bedeutet, daß der Thyristor ein asymmetrischer Thyristor ist.

Bei einem solchen asymmetrischen Thyristor kann vorteilhafterweise eine Erhöhung der Transistorverstärkungsfaktoren  $\alpha'_{npn}$ ,  $\alpha'_{pnp}$  der wenigstens einen Treiberstufe gegenüber den Transistorverstärkungsfaktoren  $\alpha_{npn}$ ,  $\alpha_{pnp}$  des Thyristors in dem unterhalb dessen Kathode liegenden Bereich auf einfache Weise dadurch realisiert werden, daß die Stoppzone in dem unterhalb der Metallisierung dieser Treiberstufe liegenden Bereich schwächer dotiert ist als in einem unterhalb der Kathode des Thyristors liegenden Bereich.

Bei einer bevorzugten und vorteilhaften Ausgestaltung dieses asymmetrischen Thyristors ist die Stoppzone in dem unterhalb der Metallisierung der wenigstens einen Treiberstufe liegenden Bereich höher dotiert ist als unterhalb einer Stelle zum

reich während der Bestrahlung mit einer Metallmaske abgedeckt wird und der unterhalb der Kathode liegende Bereich offen ist. Um eine sinnvolle Abstufung der Trägerlebensdauer im außerhalb der Kathode liegenden Bereich und der Trägerlebensdauer im unterhalb der Kathode liegenden Bereich mit dem Ziel zufriedenstellender Kippspannungen und Freiwerdezeiten zu erreichen, sollte im Allgemeinen eine zweite ganzflächige Bestrahlung des Körpers zeitlich vor- und/oder nachgeschaltet sein.

Eine vorteilhafte Weiterbildung der Erfindung ist eine Anordnung aus einem erfindungsgemäßen asymmetrischen Thyristor und einer Diode, wobei der Thyristor und die Diode elektrisch miteinander verbunden sind. Durch diese Anordnung ist ein neuartiger Tandemthyristor geschaffen, der den Vorteil aufweist, daß der asymmetrische Thyristor bei Sperrbelastung in Rückwärtsrichtung keine Raumladungszone aufweist, so daß in diesem Fall ein raumladungsbedingtes Ausräumen freier Ladungsträger, insbesondere der freien Ladungsträger, mit denen die Treiberstufe überschwemmt ist, entfällt, und somit diese freien Ladungsträger länger erhalten bleiben.

Durch die Erfindung ist vorteilhafterweise ein integrierter Freiwerdeschutz realisierbar, der unter allen Betriebsbedingungen wirksam ist.

Die Erfindung wird in der nachfolgenden Beschreibung anhand der Zeichnung beispielhaft näher erläutert.

Die Figur zeigt ein Ausführungsbeispiel des erfindungsgemäßen Thyristors im Querschnitt.

Der in der Figur im Querschnitt dargestellte und generell mit 1 bezeichnete Thyristor weist einen Körper 10 aus unterschiedlich dotiertem Halbleitermaterial, beispielsweise Silizium, auf. Der Körper 10 hat beispielsweise die Form einer

se Kathodenkurzschlüsse 160 gewährleisten, daß der Thyristor 1 auch bei einer großen  $dU/dt$ -Belastung von einigen 1000 Volt/ $\mu$ s nicht bereits vor dem Erreichen der statischen Kippspannung unkontrolliert zündet.

Um den Einfluß eines Leckstromes auf den durch die kathodenseitige Basis 16, die anodenseitigen Basis 17 und den anodenseitigen Emitter 18 definierten Transistorverstärkungsfaktor  $\alpha_{pnp}$  des Thyristors 1 bei geringen Leckstromdichten zu unterdrücken, sind im anodenseitigen Emitter 18 ein oder mehrere Anodenkurzschlüsse 174 ausgebildet, deren jeder die anodenseitige Basis 17 und die Anode 14 miteinander verbindet.

Der Körper 10 weist wenigstens eine Treiberstufe 20 zum Verstärken eines in die kathodenseitige Basis 16 durch die Hauptfläche 11 eingespeisten Steuerstromes I auf.

Die Treiberstufe 20 weist einen im p-dotierten Bereich 16 der kathodenseitigen Basis ausgebildeten und vom kathodenseitigen Emitter 15 und der Kathode 13 Basis des Thyristors 1 räumlich getrennten weiteren Emitter 21 in Form eines an die Hauptfläche 11 des Körpers 10 grenzenden und beispielsweise  $n^+$ -dotierten Bereichs sowie eine auf dieser Hauptfläche 11 des Körpers 10 ausgebildete und vom kathodenseitigen Emitter 15 und der Kathode 13 Basis des Thyristors 1 räumlich getrennte Metallisierung 22 auf, die sowohl den  $n^+$ -dotierten weiteren Emitter 21 als auch die seitlich neben dem weiteren Emitter 21 ebenfalls an die Hauptfläche 11 des Körpers 10 grenzende p-dotierte kathodenseitige Basis 16 kontaktiert.

Der  $n^+$ -dotierte weitere Emitter 21 der Treiberstufe bildet zusammen mit der p-dotierten kathodenseitigen Basis 16 des Thyristors einen np-Übergang 162.

Anstelle nur einer Treiberstufe 21 können eine oder mehrere nicht dargestellte zusätzliche Treiberstufen vorhanden sein, deren jede je einen an die Hauptfläche 11 des Körpers 10

kungsfaktor  $\alpha'_{npn}$  dieser Treiberstufe 20 größer ist als der unterhalb der Kathode 13 des Thyristors 1 durch den kathodenseitigen Emitter 15, die kathodenseitige Basis 16 und die anodenseitige Basis 17 definierte Transistorverstärkungsfaktor  $\alpha_{npn}$  des Thyristors 1, und/oder daß

- der unterhalb der Metallisierung 22 der wenigstens einen Treiberstufe 20 durch die kathodenseitige Basis 16, die anodenseitige Basis 17 und den anodenseitigen Emitter 18 definierte Transistorverstärkungsfaktor  $\alpha'_{pnp}$  dieser Treiberstufe 20 größer ist als der unterhalb der Kathode 13 des Thyristors 1 durch die kathodenseitige Basis 16, die anodenseitige Basis 17 und den anodenseitigen Emitter 18 definierte Transistorverstärkungsfaktor  $\alpha_{pnp}$  des Thyristors 1.

Vorzugsweise ist  $\alpha'_{npn} > \alpha_{npn}$  und zugleich  $\alpha'_{pnp} > \alpha_{pnp}$  gewählt.

Sind neben der Treiberstufe 20 eine oder mehrere zusätzliche Treiberstufen vorhanden, so kann die vorstehende Vorschrift auch für eine oder mehrere oder sogar jede zusätzliche Treiberstufe realisiert sein, obgleich es genügt, wenn diese Vorschrift nur für eine einzige der mehreren Treiberstufen, im vorliegenden Fall für die Treiberstufe 20 realisiert ist.

Der beispielhafte Thyristor 1 ist ein asymmetrischer Thyristor, bei dem die anodenseitige Basis 17 eine Stoppzone des ersten Leitungstyps n aufweist, die durch den  $n^+$ -dotierten Bereich 172 dieser Basis 17 gebildet ist.

Bei einem solchen asymmetrischen Thyristor 1 kann die vorstehende Dimensionsvorschrift bezüglich der Transistorverstärkungsfaktoren auf einfache Weise dadurch realisiert werden, daß die Stoppzone 172 in einem unterhalb der Metallisierung 22 der wenigstens einen Treiberstufe 20 liegenden Bereich 220 schwächer dotiert ist als in einem unterhalb der Kathode 13 des Thyristors 1 liegenden Bereich 130.



## Patentansprüche

1. Thyristor (1) mit dem folgenden Aufbau:

In einem Körper (10) aus unterschiedlich dotiertem Halbleitermaterial, der eine als Kathode dienende Elektrode (13) sowie eine als Anode dienende Elektrode (14) aufweist, sind

- ein kathodenseitiger Emitter (15) eines ersten Leitungstyps (n)
- eine kathodenseitige Basis (16) eines zweiten Leitungstyps (p),
- eine anodenseitige Basis (17) des ersten Leitungstyps (n),
- ein anodenseitiger Emitter (18) des zweiten Leitungstyps (p) und
- wenigstens eine Treiberstufe (20) zum Verstärken eines in die kathodenseitige Basis (16) eingespeisten Steuerstromes (I) ausgebildet,
- die Treiberstufe (20) weist einen in der kathodenseitigen Basis (16) ausgebildeten und vom kathodenseitigen Emitter (15) getrennten weiteren Emitter (21) des ersten Leitungstyps (n) sowie eine sowohl die kathodenseitige Basis (16) als auch den weiteren Emitter (21) kontaktierende Metallisierung (22) auf,
- ein unterhalb der Metallisierung (22) der wenigstens einen Treiberstufe (20) durch den weiteren Emitter (21), die kathodenseitige Basis (16) und die anodenseitige Basis (17) definierter Transistorverstärkungsfaktor ( $\alpha'_{npn}$ ) dieser Treiberstufe (20) ist größer als ein unterhalb der Kathode (13) des Thyristors (1) durch den kathodenseitigen Emitter (15), die kathodenseitige Basis (16) und die anodenseitige Basis (17) definierter Transistorverstärkungsfaktor ( $\alpha_{npn}$ ) des Thyristors (1),  
und/oder
- ein unterhalb der Metallisierung (22) der wenigstens einen Treiberstufe (20) durch die kathodenseitige Basis (16), die anodenseitige Basis (17) und den anodenseitigen Emitter (18) definierter Transistorverstärkungsfaktor ( $\alpha'_{pnp}$ ) dieser Treiberstufe (20) ist größer als ein unterhalb der Kathode (13)

6. Anordnung aus einem Thyristor (1) nach einem der Ansprüche 2 bis 4 und einer Diode (4), wobei der Thyristor (1) und die Diode (4) elektrisch miteinander verbunden sind.



